Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 15, No. 4, 2024, p. 723-738

Interaction Effect of Chemical and Bio-Fertilizers and Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L. Var saccharata) and Some Soil Biological Activity Indices

Amir Atlasroody[1], Seyed Abdolreza Kazemeini[2*], Mohammad Jafar Bahrani[2] and Mozhgan Sepehri[3]

1 and 2- M.Sc. Student and Professor, Department of Plant Production and Genetics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
(*- Corresponding author Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)

Received: 27-11-2021 Revised: 31-12-2021 Accepted: 03-01-2022 Available Online: 25-01-2021	**How to cite this article:** Atlasroody, A., Kazemeini, S.A., Bahrani, M.J., & Sepehri, M. (2024). Interaction effect of chemical and bio-fertilizers and deficit irrigation on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. var saccharata) and Some soil biological activity indices. *Journal of Agroecology, 15*(4), 723-738. (in Persian with English abstract) https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73850.1082

Introduction

Sweet corn (*Zea mays* L. Var saccharata) is an important cereal crop that refers to considerable human nutrition and industrial products of its sugar content, minerals phosphorus, magnesium, iron, zinc, and vitamins in most of the literature. The negative impacts of the long-term application of chemical fertilizers on the soil, environment, and human health in arid and semi-arid regions have increased by the application of biological fertilizers in these areas. Applying biological fertilizer is an environmentally friendly approach to plant growth and production. Bio-fertilizers have been applied in agriculture to reduce the application of chemical fertilizers significantly, and it is used as a strategy for improving crop productivity, sustainability, soil health, and environment-friendly and cost-effective.

Material and Methods

This experiment was carried out as a factorial arranged as randomized complete blocks design with three replications during the 2017 growing season at the School of Agriculture, Shiraz University. The treatments included water regime at two levels (75% and 100% of water requirement) and five nitrogen rates and sources (no fertilizer, nitroxin, 150 kg urea, 150 kg urea + nitroxin, and 300 kg urea). The traits included ear number per plant, row number per ear, grain number per row, canned grain yield, water use efficiency, ear harvest index, urease enzyme activity, and soil microbial respiration. Crude protein was determined by the Kjeldahl method, multiplied by the 6.25 (N × 6.25) conversion factor, and the results were then calculated as a percentage (%), and soluble sugar was measured by pocket model ATAGO refractometer. Moreover, the ear harvest index was determined by the ratio of fresh grain yield (canned yield) per ear yield with husk, and urease enzyme activity and soil microbial respiration were estimated by the modified Kandeler and Gerber and Black et al.'s methods. Furthermore, yield and yield components were measured. Data were analyzed by using SAS 9.2 software, and the means were separated using LSD test at 5% probability level.

https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73850.1082

Results and Discussion

The results showed that application of 150 kg urea + nitroxin significantly increased canned yield and its components, grain protein, grain soluble sugar, urease enzyme activity, and soil microbial respiration, respectively, compared to individual application of nitroxin and or 150 kg urea under water stress levels and there was no significant difference between 150 kg urea + nitroxin treatment and 300 kg urea ha^{-1}. Regular irrigation (100% of water requirement) and combination of 300 kg urea + nitroxin, significantly increased ear number per plant (21.7 and 16.6%), row number per ear (21.4 and 21.4%), grain number per row (19.3 and 11.5%), canned grain yield (41.4 and 30.5%), water use efficiency (45 and 8.4%), ear harvest index (20.3 and 22.1%), urease enzyme activity (40.0 and 68.8%) and soil microbial respiration (12.1 and 1.6%), respectively and there was no significant difference between 150 kg urea + nitroxin and 300 kg urea compared to individual application of nitroxin and 150 kg urea. Therefore, applying nitroxin as a bio-fertilizer combined with 150 kg urea ha^{-1} produced the optimal canned yield and reduced nitrogen use and can be recommended in the arid and semi-arid regions.

Conclusion

According to the results, to improve the soil biological activity and yield and yield components of sweet corn, the combination of N150 and Ni instead of N300 is recommended and further research is also required to investigate the effects of applying Ni in combination with other bio-stimulants on yield and yield components of sweet corn.

Acknowledgments

We would like to thank the School of Agriculture, Shiraz University, for their support, cooperation, and assistance throughout this research.

Keywords: Canned grain yield, Grain protein, Grain sugar, Soil microbial respiration

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۲، ص ۷۳۸-۷۲۳

تأثیر برهم‌کنش کودهای شیمیایی و زیستی و کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. Var saccharata) و برخی شاخص‌های فعالیت بیولوژیکی خاک

امیر اطلس‌رودی[۱]، سید عبدالرضا کاظمینی[۲]*، محمدجعفر بحرانی[۲] و مژگان سپهری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر برهم‌کنش کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. Var saccharata) و برخی شاخص‌های فعالیت بیولوژیک خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال زراعی ۱۳۹۷- ۱۳۹۶ اجرا شد. فاکتورها شامل سطوح آبیاری (۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و منبع کود نیتروژن (بدون کود، نیتروکسین، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + نیتروکسین و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که صفات اندازه‌گیری شده با تغییر آبیاری در سطوح فاکتور کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. برهم‌کنش تیمار آبی (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین، به‌ترتیب تعداد بلال در بوته (۲۱/۷ و ۱۶/۶ درصد)، تعداد ردیف در بوته (۲۱/۴ و ۲۱/۴ درصد)، تعداد دانه در ردیف (۱۹/۳ و ۱۱/۵ درصد)، عملکرد دانه کنسروی (۴۱/۴ و ۳۰/۵ درصد)، شاخص برداشت بلال (۲۰/۳ و ۲۲/۱ درصد)، فعالیت آنزیم اوره‌آز (۴۰/۰ و ۶۸/۸ درصد) و تنفس میکروبی خاک (۱۲/۱ و ۱/۶ درصد) را در مقایسه با کاربرد جداگانه نیتروکسین و۱۵۰ کیلوگرم اوره به‌صورت معنی‌داری افزایش داد و با سطح ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، کاربرد کود زیستی نیتروکسین همراه با ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و تیمار آبیاری ۷۵ درصد با حصول عملکرد بهینه به‌عنوان راه حلی مناسب در کاهش مصرف کودهای شیمیایی در این منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تنفس میکروبی خاک، عملکرد دانه کنسروی، قند محلول دانه

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* L. Var saccharata) یکی از رقم‌های ذرت معمولی با درصد قند بالا، به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین سبزیجات در بین مردم بسیاری از کشورها، مانند آمریکا، کانادا، فرانسه و استرالیا می‌باشد که در سایر نقاط جهان، به‌ویژه آسیا علاقه به آن روز به روز در حال افزایش است (Hirich et al., 2014). ویژگی شیرین بودن آن به‌دلیل وجود ژن‌هایی است که سنتز نشاسته در آندوسپرم را تغییر می‌دهد و در نهایت، موجب افزایش درصد قند آن می‌شود. رقم ذرت شیرین دانه طلایی KSC 403su تنها رقم تولید درون کشور می‌باشد. این رقم هیبرید سینگل کراس و از رقم-های اصلاح شده ایرانی است. از ویژگی‌های قابل توجه آن می‌توان به عملکرد مطلوب کمّی و کیفی و نیز درصد (مقدار) بالای علوفه آن اشاره کرد. رقم دانه طلایی از لحاظ میزان قند در گروه استاندارد یا

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)
https:// doi.org/10.22067/agry.2022.73850.1082

طبیعی قرار می‌گیرد (Khamadi et al., 2009).

کمبود آب از عوامل مهم در توسعه سطح زیر کشت و تولید موفقیت‌آمیز ذرت در کشور است. تنش آبی یکی از مشکلات اصلی تولید محصولات کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Meerajipour et al., 2013). مقاومت گیاهان به خشکی را می‌توان به‌صورت عملکرد نسبی ژنوتیپ یا توانایی گیاهان زراعی برای تولید محصول با حداقل آب موجود در دسترس تعریف کرد (Fang & Xiong, 2015). واکنش گیاه به کمبود آب به عوامل بی‌شماری از جمله شدت تنش، طول دوره تنش و همچنین مرحله رشد گیاه بستگی دارد (Jafarikouhini et al., 2020).

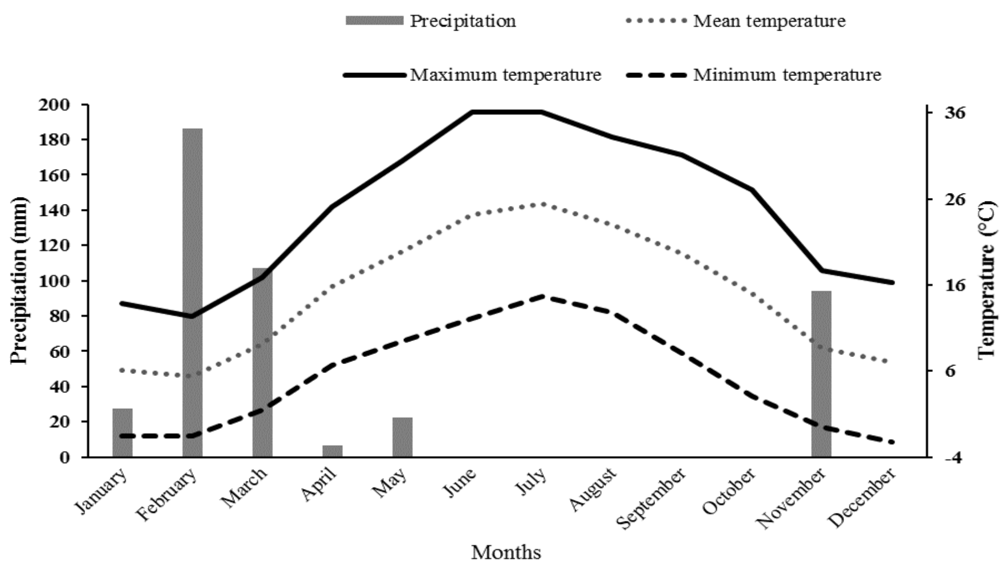
نیتروژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف گیاهان است و در اکثر خاک‌ها کمبود آن به چشم می‌خورد و کمتر خاک زراعی وجود دارد که به نیتروژن نیاز نداشته باشد (Chen et al., 2004). بررسی نتایج پژوهش اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد ذرت شیرین نشان داد که استفاده ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به افزایش عملکرد بلال به‌ترتیب ۹/۱۹ تا ۱۳/۰۳ تن در هکتار شد (Oktem et al., 2010). پژوهشگران دریافتند که حداکثر تجمع نیتروژن در ذرت شیرین با کاربرد ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد (Jafarikouhini et al., 2020). در حال حاضر، منبع اصلی تأمین نیتروژن برای گیاهان زراعی کود اوره می‌باشد و برخلاف افزایش ۱۰ برابری استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، افزایش عملکرد گیاهان کمتر از سه برابر بوده و کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافته است و به‌لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است (Tilman et al., 2002). کودهای زیستی برخلاف کودهای شیمیایی که موجب آلودگی محیط‌زیست از جمله خاک می‌شوند، به‌عنوان مواد دوستدار محیط زیست شناخته می‌شوند (Singh et al., 2008). این کودها حاوی مواد نگهدارنده با جمعیت متراکم یک یا چند ریزجاندار مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها است که ضمن فراهمی عناصر غذایی خاک و بهبود حاصلخیزی خاک می‌تواند از طریق تثبیت نیتروژن، مهار عوامل بیماری‌زا و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد، عملکرد گیاه زراعی را در یک سامانه کشاورزی پایدار تحت تأثیر قرار دهد (Sturz & Christie, 2003). کود زیستی نیتروکسین حاوی جنس‌های مؤثر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بوده که تعداد سلول زنده آن (CFU) 10^{8}–10^{10} در هر گرم ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری است. در پژوهشی مشخص گردید، بیشترین تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود آلی + ۵۰ درصد کود شیمیایی و بیشترین وزن هزار دانه و ارتفاع بوته در تیمار تلفیقی ۲۵ درصد کود آلی + ۷۵ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد (Cheema et al., 2010). بالاترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول بلال از کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به همراه ۱۰۰ درصد کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد (Jerfi et al., 2017). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کودهای زیستی (۱۰۰ درصد کود آلی + ۵۰ درصد کود معدنی) باعث افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت می‌شود (Naeem et al., 2021).

با توجه به مشکلات آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی و زیست محیطی حاصل از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی نیتروژنه و همچنین کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک، پژوهش زیر با هدف بررسی اثر کاربرد نیتروکسین در ترکیب با کود شیمیایی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و برخی شاخص‌های فعالیت بیولوژیک خاک در واکنش به کم آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

شرایط اقلیمی و موقعیت محل

به‌منظور ارزیابی اثر منابع کودی نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و شاخص‌های بیولوژیک خاک، پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۷–۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (با طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه ۳۵ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) واقع در ۱۱ کیلومتری شیراز اجرا شد. وضعیت آب و هوایی منطقه در سال زراعی مورد نظر در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- بارندگی ماهانه، میانگین کمینه و بیشینه دمای هوا در طول سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Fig. 1- Monthly rainfall, mean minimum and maximum air temperature during the 2017-2018 growing season

طرح آزمایشی

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دو سطح آبیاری (۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و فاکتور دوم شامل منبع کود نیتروژن در پنج سطح (بدون کود (شاهد)، نیتروکسین، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار + نیتروکسین و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) بودند. کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* طی دو مرحله یکی در زمان کشت بعد از شستن بذرها با آب مقطر به‌میزان یک لیتر در هکتار و به‌صورت بذرمال و دیگری در مرحله شش برگی به‌میزان چهار لیتر در هکتار به خاک اضافه شد.

عملیات زراعی

پیش از کشت گیاه در زمین اصلی، برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱). بر این اساس، خاک مزرعه دارای بافت سیلتی رسی از گروه Fine Mixed, Mesic Typic Calcixerepets بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physico-chemical properties of the soil in 0-30 cm depth

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس در متر) EC ($dS.m^{-1}$)	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	کربن آلی (٪) Organic C (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)
0.97	40	39	21	0.15	0.58	24.5

جهت آماده‌سازی زمین، عملیات شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک همراه با دو بار دیسک عمود بر هم انجام شد. ذرت شیرین هیبرید سینگل کراس ۴۰۳ (دانه‌طلایی) از موسسه نهال و بذر کرج تهیه و پیش از کشت با قارچ‌کش ضدعفونی شد. کشت به‌صورت دستی در کرت‌هایی به ابعاد ۴ × ۳ متر با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در ۱۵ خرداد ماه انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از معادله پنمن مانتیث اصلاح شده محاسبه شد (Razzaghi & Sepaskhah, 2012).

معادله (۱)

$$ET_0=0.408(R_n-G)+y [[890/(T+273]]U_2(e_a-e_d)/\Delta+\Upsilon(1+0.34U_2)$$

که در آن، ET_0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع ($mm.day^{-1}$)، Rn:

تابش خالص در سطح پوشش گیاهی، T: متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین، U_2: سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین، (e_a-e_d): کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری، (KPa): شیب منحنی فشار بخار، γ: ضریب رطوبتی و G: حرکت گرما به درون خاک می‌باشند.

آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. اعمال تنش از مرحله چهار برگی آغاز شد. آبیاری در همه کرت‌ها همزمان و با دور آبیاری یکسان انجام شد، ولی میزان آب مصرفی متفاوت بود و میزان آب با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری شد.

صفات مورد بررسی

در مرحله پر شدن دانه هشت بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و پارامترهای تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در هر ردیف اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد برای تعیین عملکرد کنسروی بلال در مرحله ابتدای خمیری شدن دانه‌ها (۷۰– ۶۵ درصد رطوبت) از قسمت وسط هر کرت دو مترمربع با رعایت حاشیه، بوته‌ها از نزدیکی سطح زمین برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و عملکرد دانه قابل کنسرو با رطوبت ۶۵ درصد گزارش گردید. شاخص برداشت بلال ذرت شیرین نیز از تقسیم عملکرد دانه تر (عملکرد دانه کنسروی) بر عملکرد بلال با پوشش ضرب در ۱۰۰ به‌دست آمد. برای محاسبه کارایی مصرف آب مقدار کل آب آبیاری اندازه‌گیری و با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Ertek et al., 2006).

معادله (۲)

میزان آب مصرفی/ عملکرد بلال با پوشش = کارایی مصرف آب

پروتئین خام بر اساس روش کلدال و با ضرب در ۶/۲۵ بر حسب درصد محاسبه و قند محلول دانه نیز با دستگاه رفراکتومتر بر حسب درجه بریکس به‌دست آمد. همچنین فعالیت آنزیم‌اوره‌آز (Kandeler & Gerber, 1988) و تنفس میکروبی خاک (Black et al., 1965) نیز اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری داده‌ها

داده‌های مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش دوگانه سطوح کم آبیاری و منابع کودی نیتروژن بر همه صفات به‌جز قند محلول و پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲).

تعداد بلال در بوته

تأثیر کم آبیاری و منابع کودی به‌طور معنی‌داری تعداد بلال در بوته را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲) و کاربرد بالاترین سطح کود اوره در مقایسه با تیمارهای کاربرد نیتروکسین و همچنین عدم کاربرد کود اوره باعث افزایش معنی‌دار ۴۶، ۵۳، ۳۰ و ۴۶ درصدی به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی شد و بیشترین تعداد بلال در بوته (۳) در۳۰۰ کیلوگرم اوره به‌دست آمد (جدول ۳). به عبارت دیگر، کاهش مصرف آب تا ۲۵ درصد نیاز آبی نرمال گیاه، تفاوت معنی‌داری در هر سطحی از فاکتور کود ایجاد نمی‌کند. همچنین مشخص شد که بین سطوح۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در هر دو سطح آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار بین کاربرد کود ترکیبی اوره و نیتروکسین با سطح بالاتر مصرف کود اوره بر تعداد بلال در بوته، می‌توان میزان مصرف کود اوره را کاهش داد. برای تولید بلال بیشتر باید رشد رویشی با رشد زایشی در گیاه متعادل بوده و بلال‌ها مراحل رشدی خود را طی کرده و رشد کنند. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر غذایی لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عناصر لازم برای رشد زایشی تعادل برقرار باشد (Bashan & Levanony, 1990; Jat & Ahlawat, 2006). تلقیح بذرهای ذرت با کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* سبب افزایش تعداد بلال می‌شود که با نتایج پژوهش ما نیز مطابقت داشت (Nada et al., 1995; Cassan & Diaz-Zorita, 2016). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کودهای زیستی حاوی *ازتوباکتر*ها از طریق تثبیت نیتروژن و سنتز مواد بهبوددهنده رشد به جذب بهتر عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و روی در گیاه کمک می‌کنند (Bageshwar et al., 2017; Romero-Perdomo et al., 2017).

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و شاخص‌های فعالیت بیولوژیک خاک

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and yield components and soil biological activity indices of sweet corn

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares									
		تعداد بلال در بوته Ear number per plant	تعداد ردیف در بلال Row number per ear	تعداد دانه در ردیف Grain number per row	عملکرد دانه کنسروی Canned grain yield	کارایی مصرف آب Water use efficiency	شاخص برداشت بلال Ear harvest index	پروتئین دانه Grain protein	قند محلول دانه Grain soluble sugar	فعالیت آنزیم اوره‌آز Urease enzyme activity	تنفس میکروبی خاک Soil microbial respiration
تکرار Replication	2	0.162	1.31	46.43	34217.63	0.007	246.36	0.021	58404.25	0.01	1.80
کم آبیاری Deficit irrigation (DI)	1	0.0083 ns	7.50 **	132.30 *	12160.53 *	4.614 **	264.48 ns	0.30 ns	1591.40 ns	0.5 ns	2.24 ns
منابع کودی Fertilizer sources (F)	4	1.048 **	41.07 **	168.78 **	1088441.78 **	6.797 **	373.50 **	8.46 **	412687.50 **	18.82 **	8.44 ns
کم آبیاری × منابع کودی DI × F	4	**0.029	1.56 **	1.21 **	2135.61 **	0.082 *	48.4 **	0.23 ns	3522.73 ns	0.20 ns	1.32 **
خطای آزمایشی E	18	0.086	0.68	27.76	2459.11	0.022	62.31	0.137	8774.85	0.07	3.30
ضریب تغییرات CV (%)		11.84	4.27	11.80	8.97	3.54	18.06	2.88	4.47	3.74	10.67

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر کم آبیاری و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و شاخص‌های فعالیت بیولوژیک خاک

Table 3- Mean comparison for effects of deficit irrigation and fertilizer sources on yield and yield components of sweet corn and soil biological activity indices

منابع کودی Fertilizer sources	کم آبیاری (٪) Deficit irrigation (%)	تعداد بلال در بوته Ear number per plant	تعداد ردیف در بلال Row number per ear	تعداد دانه در ردیف Grain number per row	عملکرد دانه کنسروی (تن در هکتار) Canned grain yield ($ton.ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) Water use efficiency ($kg.m^{-3}$)	شاخص برداشت بلال (٪) Ear harvest index (%)	فعالیت آنزیم اوره‌آز (میکروگرم آمونیوم در گرم خاک در ساعت) Urease enzyme activity ($\mu g\ NH_4\text{-}N.g^{-1}$ soil $.2h^{-1}$)	تنفس میکروبی خاک (میکرو گرم دی‌اکسیدکربن در گرم خاک در روز) Soil microbial respiration ($\mu g\ CO_2.g^{-1}$ soil.day^{-1})
N_0	100	2.1	18.1	41.0	4.21	2.98	38.7	5.43	16.3
	75	1.9	15.9	35.3	3.34	2.36	33.7	5.36	14.9
N_i	100	2.3	18.2	43.0	4.93	3.84	41.3	7.21	16.5
	75	2.1	16.2	38.7	4.67	3.38	37.7	6.73	16.1
N_{150}	100	2.4	18.2	46.0	5.34	5.14	40.7	5.98	18.2
	75	2.3	18.0	42.7	5.29	4.27	37.3	5.77	18.1
$N_{150}+N_i$	100	2.8	22.1	51.3	6.97	5.57	49.7	10.10	18.5
	75	2.8	22.0	47.7	6.75	4.62	47.9	9.55	18.3
N_{300}	100	3.0	22.5	52.3	7.24	5.60	62.9	8.00	17.1
	75	3.0	22.0	48.3	6.52	4.58	47.1	7.90	16.1
LSD $_{(0.05)}$		0.52	1.47	9.27	1.28	0.24	6.20	0.44	3.02

N_0: بدون کود (شاهد)، N_i: نیتروکسین، N_{150}: ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، $N_{150}+N_i$: ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و N_{300}: ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

N_0: no fertilizer (control); N_i: nitroxin; N_{150}: 150 kg urea.ha^{-1}; $N_{150}+N_i$: 150 kg urea.ha^{-1} + nitroxin and N_{300}: 300 kg urea.ha^{-1}.

تعداد ردیف در بلال

مقایسه میانگین تأثیر کم آبیاری و منابع کودی نیتروژن نشان داد، در سطح کاربرد نیتروکسین به‌تنهایی، اعمال کم آبیاری موجب کاهش معنی‌داری تعداد ردیف دانه در بلال در مقایسه با آبیاری نرمال نشان داد و مشابه روند در شاهد (بدون مصرف کود) بود، لکن در سایر سطوح تیمار کودی تفاوت معنی‌داری با تغییر آبیاری مشاهده نشد (جدول ۳)، بیشترین تعداد ردیف دانه (۲۲/۵) در شرایط ۳۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که با ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در هر دو سطح آبیاری تفاوت معنی‌داری نشان نداد و نسبت به شاهد (بدون مصرف کود اوره) باعث افزایش معنی‌دار ۲۴ درصدی در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شد (جدول ۳). اگرچه کاربرد ترکیب نیتروکسین با کود اوره با تأمین پایدار و ثابت عناصر، قابلیت دسترسی به نیتروژن در طول فصل رشد را ممکن می‌سازد و موجب افزایش توانایی گیاه در تولید عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌گردد (Soltani et al., 2013)، ولی با توجه به نتایج این پژوهش و عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح تیمار کودی و کم آبیاری می‌توان نتیجه گرفت که این پارامتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد که نشان از ثبات نسبی این جزء از عملکرد دارد و با توجه به اینکه این جزء پیش از سایر اجزای عملکرد شکل می‌گیرد، رقابت اندکی برای دریافت مواد پرورده در آن زمان وجود دارد، بر همین اساس نتایج ما با نتایج سایر تحقیقات مطابقت داشت (Zafarian, 2002; Tajik Khaveh et al., 2015; Khan, 2002; Sadeghi and Bahrani, 1998; Dunkan, 1994).

تعداد دانه در ردیف

بر اساس نتایج کاربرد جداگانه اوره، نیتروکسین و ترکیبی اوره با نیتروکسین نسبت به شاهد در هر سطحی از کم آبیاری تعداد دانه در ردیف بلال را افزایش داد و بیشترین تعداد دانه در ردیف (۵۲/۳۳) از برهم‌کنش ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین نداشت و در مقایسه با شاهد به‌میزان ۲۸ درصد تعداد دانه در ردیف بلال را افزایش معنی‌داری داد (جدول ۳). به‌طور کلی، ذرت نیازمند مقادیر قابل توجه کود نیتروژن برای دست‌یابی به عملکرد و کیفیت بالا است و فرآیند دانه‌بندی در گیاه ذرت به‌وسیله فتوسنتز برگ‌ها، میزان قندها، نشاسته و سیتوکنین تعیین می‌شود و کمبود عناصر غذایی پیش از گرده‌افشانی و نیز در مراحل اولیه گرده‌افشانی موجب کاهش دانه‌بندی در بلال می‌شود (Farid et al., 2017). استفاده از نیتروکسین همراه با کود اوره با قرار دادن عناصر غذایی در اختیار گیاه و کاهش مصرف ۱۰ تا ۲۰ درصدی کود نیتروژن، باعث افزایش اجزای عملکرد اقتصادی خواهد شد (Alizadeh et al., 2008). بر اساس نتایج این مطالعه، کاربرد ترکیبی کود نیتروکسین با اوره در مقایسه با کود اوره به‌تنهایی، نقش مؤثری در افزایش تعداد دانه در ردیف بلال داشت و حتی در مقایسه با تیمار کاربرد دو برابر اوره (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نشان نداد که خود تأییدکننده نقش مؤثر نیتروکسین در کاهش مصرف اوره می‌باشد. همچنین مشخص شد که *آزوسپریلیوم* موجود در کود زیستی با ترشح هورمون‌های جیبرلین، اکسین و همچنین سیتوکنین نقش مهمی در بهبود رشد و افزایش دانه‌بندی در گیاه داشت (Fukami et al., 2018). نتایج این پژوهش مبنی بر نقش کودزیستی نیتروکسین در افزایش تعداد دانه در ردیف با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Dadiyan et al., 2013; Fathi, 2010).

عملکرد دانه کنسروی

بالاترین عملکرد دانه کنسروی (۷/۲۴ تن بر هکتار) در تیمارهای ۳۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین نشان نداد و فقط حدود چهار درصد افزایش داشت و کاربرد ترکیبی ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین نسبت به کاربرد جداگانه ۱۵۰ کیلوگرم اوره و نیتروکسین در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب به‌میزان ۶۶ و ۴۱ درصد عملکرد دانه کنسروی را افزایش داد (جدول ۳). پایین‌ترین عملکرد دانه کنسروی (۳/۳۴ تن بر هکتار) نیز در تیمارهای بدون کود و ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. نتایج همبستگی نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه کنسروی و تعداد ردیف در بلال (**r= ۰/۸۲)، تعداد دانه در ردیف (**r=۰/۵۷)، کارایی مصرف آب (**r=۰/۸۰)، پروتئین دانه (**r=۰/۷۷) و قند محلول دانه (**r=۰/۷۸) وجود داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد، افزایش میزان ماده خشک اندام‌هوایی گیاه که با مصرف بیشتر کود اوره به‌دست

می‌آید، می‌تواند بر افزایش تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه کنسروی و عملکرد دانه در غلات مؤثر باشد (Fageria et al., 2006). تأثیر مثبت نیتروژن بر دوام و شاخص سطح برگ، باعث طولانی‌تر شدن طول دوره تولید ماده‌های پرورده و پر شدن دانه شده و در نتیجه، افزایش تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه کنسروی را به همراه داشته است (Moraditochaee et al., 2011). همچنین پژوهشگران دریافتند که نیتروژن به‌صورت مخلوط (شیمیایی + کود زیستی) عملکرد دانه را بیشتر افزایش می‌دهد. فراهم بودن عناصر غذایی و بهبود خواص بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک به‌دلیل استفاده از کود زیستی باعث می‌شود که گیاه با شرایط بهینه‌ای در زمان پر شدن دانه‌ها مواجه شده و با تولید ماده خشک بیشتر باعث افزایش عملکرد دانه کنسروی شود (Habibi & Majidian, 2014). به عبارت دیگر، افزایش عملکرد دانه کنسروی به‌دست آمده در اثر کاربرد ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در مقایسه با مصرف جداگانه هر کدام نشان‌دهنده نقش تأثیرگذار نیتروکسین در ویژگی‌های ریزوسفر به لحاظ تأمین عناصر غذایی می‌باشد که خود منجر به افزایش و بهبود ویژگی‌های مورفوفیزولوژیک ذرت شیرین شده است و از طرف دیگر، نبود تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه کنسروی این تیمار با بالاترین سطح اوره مصرف شده نشان‌دهنده نقش مهم این کود زیستی در امکان کاهش مصرف کود شیمیایی اوره است.

کارایی مصرف آب

بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و ۱۰۰ درصد نیاز آبی نداشت (جدول ۳). همچنین در ۷۵ درصد نیاز آبی کاربرد تیمارهای ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین، باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب را به‌میزان ۹۴ و ۹۶ درصد در مقایسه با شاهد (بدون کود) شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در مقایسه با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم اوره با بهبود رشد ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی نقش مهمی در افزایش کارایی مصرف آب و همچنین کاهش مصرف کود اوره دارد. کاربرد کود نیتروژن با نیتروکسین از طریق افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی، عملکرد بلال با پوشش را افزایش داده و منجر به افزایش در کارایی مصرف آب می‌شود (Al-Kaisi & Yin, 2003). نتایج همبستگی نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف آب و شاخص برداشت بلال (r= ۰/۸۲**) وجود داشت (جدول ۴). پس می‌توان نتیجه گرفت که وجود باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در کود نیتروکسین، از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و همچنین بهبود هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در افزایش رشد و عملکرد و نهایتاً کارایی مصرف آب گیاه دارد (Cassan & Diaz-Zorita, 2016).

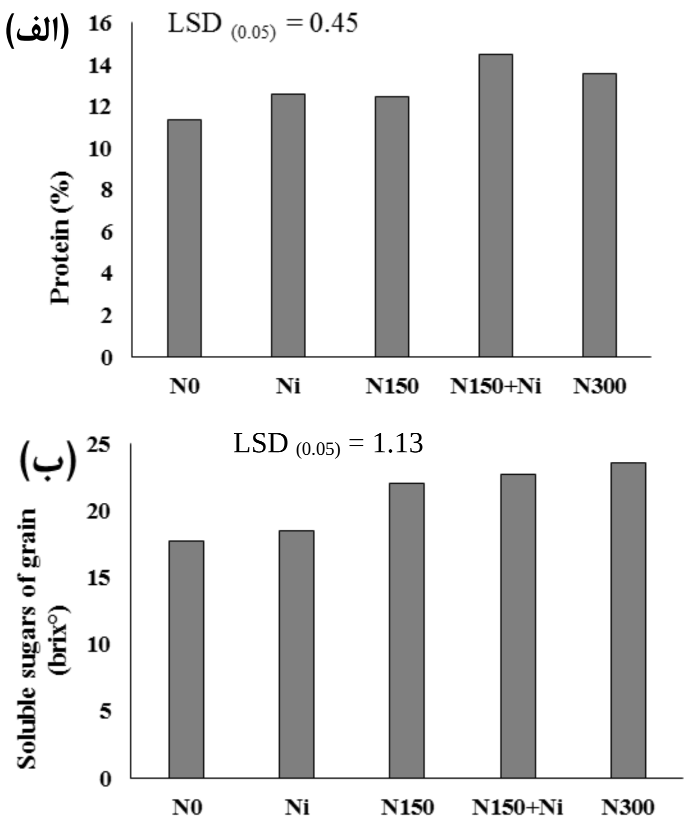
شاخص برداشت بلال

کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین بر شاخص برداشت بلال تفاوت معنی‌داری نشان نداد و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد به‌ترتیب افزایش ۶۲ و ۴۰ درصدی شاخص برداشت بلال در مقایسه با شاهد (بدون کود) را نشان داد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت بلال (۶۳ درصد) مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آن (۳۴ درصد) مربوط به شاهد بدون کود و آبیاری ۷۵ درصد بود (جدول ۳). پژوهشگران گزارش کردند که شاخص برداشت بلال ذرت شیرین تحت تأثیر برهم‌کنش آبیاری و نیتروژن قرار گرفت (Fereidooni et al., 2013). سطوح بالای نیتروژن و همچنین ترکیب آن با کود زیستی توانسته با هماهنگی بین عرضه و تقاضای گیاه موجب افزایش شاخص سطح برگ و طول عمر برگ شده و به حفظ تولید مواد فتوسنتزی در زمان پرشدن دانه کمک کرده و موجب افزایش ماده خشک دانه در این دوره و عملکرد دانه شود (Farid et al., 2017). همچنین مطالعه‌ها نشان داد که افزایش تعداد و وزن دانه با کاربرد نیتروکسین حاوی *آزوسپریلیوم*، به‌دلیل بیوسنتز هورمون‌های گیاهی است که این افزایش عملکرد دانه در غلات زمستانه به‌میزان ۱۴ درصد و در غلات تابستانه به‌میزان ۹/۵ درصد محاسبه شد (Cassan & Diaz-Zorita, 2016).

درصد پروتئین و قند محلول دانه

بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۴/۵) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار بدون کود با افزایش ۲۷/۶ درصدی همراه بود (شکل ۲– الف). کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم اوره و همچنین ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین به‌ترتیب باعث افزایش ۳۳ و ۲۸ درصدی پروتئین دانه در مقایسه با تیمار بدون کود شد.

همچنین بیشترین قند محلول دانه در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲- ب). پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان نیتروژن دانه افزایش یافت (Sadeghi & Bahrani, 2002). از آن جا که نیتروژن جزء اصلی تشکیل‌دهنده پروتئین‌هاست، لکن افزایش نیتروژن با افزایش پروتئین دانه همراه است (Farid et al., Alijani et al., 20212017;). از طرفی دیگر، کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* نقش مهمی در افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن دارد که همین امر منجر به افزایش میزان پروتئین در درون گیاه شد (Fateh et al., 2010 ; Ladha et al., 2016; Jafari et al., 2003). همچنین کاربرد باکتری‌های *ازتوباکتر* با افزایش مواد معدنی سازگار نقش مهمی در افزایش قند محلول در گیاه داشت که نشان‌دهنده مطابقت نتایج این پژوهش با سایر تحقیقات است (Bhardwaj et al., 2014).



شکل ۲- اثر منابع کودی نیتروژن بر درصد پروتئین (الف) و قند محلول دانه (ب) ذرت شیرین

Fig .2- Effect of nitrogen fertilizer sources on grain protein content and soluble sugars of sweet corn

N_0: بدون کود (شاهد)، N_i: نیتروکسین، N_{150}: ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، $N_{150}+N_i$: ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و N_{300}: ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار

N_0: no fertilizer (control); N_i: nitroxin; N_{150}: 150 kg urea.ha^{-1}; $N_{150}+N_i$: 150 kg urea.ha^{-1} + nitroxin and N_{300}: 300 kg urea.ha^{-1}.

فعالیت آنزیم اوره‌آز

نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم اوره‌آز (µg NH_4-N.g^{-1} soil.2h^{-1} ۱۰/۱۰) در برهم‌کنش منابع کودی نیتروژن و کم آبیاری در تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۳). کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و اعمال ۷۵ درصد نیاز آبی نسبت به شاهد (بدون کود) باعث افزایش ۸۸ درصدی فعالیت آنزیم اوره‌آز شد (جدول ۳). همچنین کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در آبیاری ۷۵ درصد اثر بیشتری بر فعالیت آنزیم اوره‌آز داشت و باعث افزایش فعالیت این

آنزیم به‌میزان ۲۸ درصد در مقایسه با ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار شد (جدول ۳). پژوهشگران دریافتند که فعالیت آنزیم اوره‌آز در حضور مقادیر گوناگون کود اوره در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد، زیرا اوره ماده ابتدایی لازم و اصلی برای فعالیت کاتالیزوری این آنزیم به‌شمار می‌آید (Wang et al., 2008). در تیمارهایی که کود اوره به‌تنهایی استفاده شد، مقدار نیتروژن قابل دسترس برای آنزیم اوره‌آز کمتر بود و به سخنی دیگر، کاربرد کود زیستی نیتروکسین همراه با کود اوره فراهمی عناصر غذایی نیتروژن را افزایش داد (Jerfi et al., 2017).

تنفس میکروبی خاک

بیشترین تنفس میکروبی خاک ($\mu g\ CO_2\ g^{-1}\ soil.day^{-1}$ ۱۸/۵۰) در برهمکنش تیمارهای کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد که با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). همچنین بین تیمارهای کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین با ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنی‌داری در هر دو سطح آبیاری وجود نداشت (جدول ۳). به طور کلی، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب باعث افزایش ۱۴ و ۲۳ درصدی تنفس میکروبی خاک در مقایسه با شاهد بدون کود شد. پژوهشگران دریافتند که ویژگی‌های میکروبی خاک انعکاسی از کیفیت بستر خاک است و افزودن کود بیشتر در صورتی مفید خواهد بود که همراه کود زیستی به خاک باشد (Meriles et al., 2009). کاربرد کود زیستی نیتروکسین به‌دلیل وجود باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* از طریق تولید اسیدهای آلی و اکسالات و همچنین کاهش پی‌اچ خاک نقش مهمی در حلالیت فسفر دارد. اصلاح پی‌اچ خاک توسط این باکتری-های عاملی اساسی جهت تکثیر و فعالیت بیشتر سایر ریزجانداران خاک است. از سوی دیگر، رشد بهتر ریشه گیاه در شرایط تلقیح با نیتروکسین نه تنها نقش مؤثری در جذب آب و عناصر غذایی برای گیاه دارد، بلکه با افزایش خلل و فرج در خاک فعالیت سایر ریزجانداران موجود در خاک را نیز بهبود می‌بخشد (Fan et al., 2017). همچنین پژوهشگران دریافتند که کاربرد *آزوسپریلیوم* به‌دلیل تولید اگزوپلی‌ساکاریدها و پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر نقش مهمی در به هم پیوستگی ذرات خاک داشته و باعث افزایش فعالیت سایر ریزجانداران و نهایتاً تنفس میکروبی خاک می‌شود (Ipek et al., 2017).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه کنسروی و صفات اندازه‌گیری شده ذرت شیرین در سطوح کم آبیاری

Table 4- Correlation coefficients between canned grain yield and measured parameters of sweet corn under deficit irrigation levels.

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Y							
X_1	0.82^{**}						
X_2	0.57^{**}	0.75^{**}					
X_3	0.80^{**}	0.73^{**}	0.67^{**}				
X_4	0.24^{ns}	0.31^{ns}	0.32^{ns}	0.82^{**}			
X_5	0.77^{**}	0.77^{**}	0.63^{**}	0.78^{**}	0.47^{**}		
X_6	0.78^{**}	0.71^{**}	0.55^{**}	0.83^{**}	0.50^{**}	0.66^{**}	

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

Y: عملکرد دانه کنسروی، X_1: تعداد ردیف در بلال، X_2: تعداد دانه در ردیف، X_3: کارایی مصرف آب، X_4 : شاخص برداشت بلال، X_5: پروتئین دانه، X_6: قند محلول دانه

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

Y: canned grain yield, X_1: row number per ear, X_2: grain number per row, X_3: water use efficiency, X_4: ear harvest index, X_5: grain protein, X_6: grain soluble sugar.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد، اعمال کم آبیاری تا ۷۵ درصد نیاز نرمال آبی گیاه ضمن کاهش مصرف آب، تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه کنسروی و نیز اجزای آن و ویژگی‌های کیفی دانه نشان

داد. بیشترین عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین ۷/۲۴ و ۶/۹۷ تن بر هکتار در سطح ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ترکیب ۱۵۰ کیلوگرم اوره + نیتروکسین بدون تفاوت معنی‌داری به‌دست آمد. کاربرد نیتروکسین به‌تنهایی هر چند نسبت به شاهد، عملکرد ذرت شیرین را افزایش داد، امّا به نظر می‌رسد، قادر به تأمین نیازهای کودی به‌طور کامل نبود و مصرف آن در ترکیب با ۱۵۰ کیلوگرم اوره به‌دلیل تأثیر بر افزایش فعالیت شاخص‌های بیولوژیک خاک، مانند آنزیم اوره‌آز و تنفس میکروبی خاک توانست ریزوسفر و حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد و به‌عنوان کود زیستی مکمل ضمن کاهش مصرف نیتروژن منجر به افزایش تولید عملکرد دانه کنسروی مشابه با بالاترین سطح مصرفی اوره شود. لذا به‌طور کلی، کاربرد کود زیستی نیتروکسین در ترکیب با ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار با حصول عملکرد بهینه به عنوان راه حلی مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در این منطقه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز برای حمایت، همکاری و مساعدت در طول انجام این پژوهش تشکر می‌کنیم.

References

1. Alijani, K., Bahrani, M.J., Kazemeini, S.A., & Yasrebi, J., (2021). Soil and sweet corn quality responses to tillage, residue, and nitrogen management in Southern Iran. *International Journal of Plant Production*, *15*(1), 139-150. https://doi.org/10.1007/s42106-020-00127-z
2. Alizadeh, O., Alizadeh, A., & Khastkhodaii, A., (2008). Review the combined application of mycorrhiza and *Azospirillum* with the aim of optimization use of nitrogen and phosphorus fertilizer in corn sustainable agriculture. *The Findings of Modern Agricultural*, *3*(1), 1-12. (In Persian with English Summary)
3. Al-Kaisi, M.M., & Yin, X., (2003). Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agronomy Journal*, *95*(6), 1475-1482. https://doi.org/10.2134/agronj2003.1475
4. Bageshwar, U.K., Srivastava, M., Pardha-Saradhi, P., Paul, S., Gothandapani, S., Jaat, R.S., Shankar, P., Yadav, R., Biswas, D.R., Kumar, P.A., Padaria, J.C., Mandal, P.K., Annapurna, K., & Das, H.K., (2017). An environmentally friendly engineered *Azotobacter* strain that replaces a substantial amount of urea fertilizer while sustaining the same wheat yield. *Applied and Environmental Microbiology*, *83*, e00590-17. https://doi.org/10.1128/AEM.00590-17
5. Bashan, Y., & Levanony, H., (1990). Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Canadian Journal of Microbiology*, *36*(9), 591-608.
6. Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K., & Tuteja, N., (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance, and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, *13*, 66. https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66
7. Black, C.A., Evans, D.D., & Dinauer, R.C., (1965). Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, USA.
8. Cassan, F., & Diaz-Zorita, M., (2016). *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology and Biochemistry*, *103*, 117-130. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020
9. Cheema, M.A., Farhad, W., Saleem, M.F., Khan, H.Z., Vahid, M.A., Rasul, F., & Hammad, H.M., (2010). Nitrogen management strategies for sustainable maize production. *Journal of Crop and Environment*, *1*(1), 49-52.
10. Chen, X., Zhou, J., Wang, X., Blackmer, A.M., & Zhang, F., (2004). Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *35*(3-4), 583-597. https://doi.org/10.1081/CSS-120029734
11. Dadiyan, A., Khaghaniorcid, S., & Changizi, M., (2013). The effect of nitroxin and different levels of nitrogen application on yield and yield components of maize (Hybrid Maximas) in Markazi province. *New Finding in Agriculture*, *7*(2), 211-225. (In Persian with English Summary)
12. Duncan, W.G., (1984). A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Science*, *24*(6), 1141-1145.
13. Ertek, A., Şensoy, S., Gedik I., & Küçükyumuk, C., (2006). Irrigation scheduling based on pan evaporation values

for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. *Agricultural Water Management*, *81*, 159-172. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.03.008

14. Fageria, N.K., Baligar, V.C., & Clark, R., (2006). Physiology of Crop Production. CRC Press, UK.
15. Fan, X., Zhang, S., Mo, X., Li, Y., Fu, Y., & Liu, Z., (2017). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and N source on plant growth and N and P uptake by tomato grown on calcareous soils. *Pedosphere*, *27*(6), 1027-1036. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60379-5
16. Fang, Y., & Xiong, L., (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *72*(4), 673-689. https://doi.org/10.1007/s00018-014-1767-0
17. Farid, N., Siadat, S.A., Ghalamboran, M.R., & Moradi Telavat, M.R., (2017). Effect of coated urea fertilizer on yield and yield components of sweet corn under deficit irrigation. *Journal of Crop Production and Processing*, *7*(3), 115-128. (In Persian with English Summary)
18. Fateh, E., Chaychi, M.R., Sharifi-Ashurabad, E., Mazaheri D., & Ashraf-Jafari, A., (2010). Effects of chemical and organic fertilizers on some silage chemical properties of globe artichoke (*Cynara scolymus*). *Plant Production*, *33*(1), 15-31.
19. Fathi, A. (2010). Effect of biologic fertilizer on morphophysiological traits of corn under Darrehshar condition. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Brojerd, Iran. (In Persian with English Summary)
20. Fereidooni, M.J., Farajee, H., & Owliaei, H.R., (2013). Effect of treated urban sewage and nitrogen on yield and grain quality of sweet corn and some soil characteristics in Yasouj region. *Water and Soil Science*, *23*(3), 43-56. (In Persian with English Summary)
21. Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M., (2018). *Azospirillum*: Benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, *8*, 1-12.
22. Habibi, S., & Majidian, M., (2014). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays*). *Journal of Crop Production and Processing*, *4*(11), 15-26. (In Persian with English Summary)
23. Hirich, A., Ragab, R., Choukr-Allah, R., & Rami, A., (2014). The effect of deficit irrigation with treated wastewater on sweet corn: Experimental and modeling study using SALTMED model. *Irrigation Science*, *32*(3), 205-219. https://doi.org/10.1007/s00271-013-0422-0
24. İpek, M., Aras, S., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M.F., & Turan, M., (2017). Rootplant growth promoting rhizobacteria inoculations increase ferric chelate reductase (FC-R) activity and Fe nutrition in pear under calcareous soil conditions. *Scientia Horticulturae*, *219*, 144-151. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.043
25. Jafari, A.A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E.K., (2003). A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, *42*, 293-299.
26. Jafarikouhini, N., Kazemeini, S.A., & Sinclair, T.R., (2020). Sweet corn nitrogen accumulation, leaf photosynthesis rate, and radiation use efficiency under variable nitrogen fertility and irrigation. *Field Crops Research*, *257*, 107913. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107913
27. Jat, R.S., & Ahlawat, I.P.S., (2006). Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, *28*, 41-54. https://doi.org/10.1300/J064v28n01_05
28. Jerfi, A., Alavi Fazel, M., & Modhaj, A., (2017). Investigation the effect of different levels of nitrogen and nitroxin fertilizer on yield, growth and physiological indices of maize hybrids (*Zea mays* L.). *Crop Physiology Journal*, *8*(32), 121-138. (In Persian with English Summary)
29. Kandeler, E., & Gerber, H., (1988). Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, *6*(1), 68-72.
30. Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N., & Farzaneh, M., (2015). The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum*). *Applied Field Crops Research*, *28*(4), 149-157. https://doi.org/10.22092/AJ.2016.106752
31. Khan, N., Qasim, M., Ahmed, F., Naz, F., & Khan, R., (2002). Effect of sowing dates on yield of maize under

agroclimatic condition of Kaghan valley. *Asian Journal of Plant Sciences*, *1*(2), 140-147.

32. Ladha, J.K., Tirol-Padre, A., Reddy, C.K., Cassman, K.G., Verma, S., Powlson, D.S., Kessel, C.V., Richter, D.B., Chakraborty, D., & Pathak, H., (2016). Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Scientific Reports*, *6*, 19355. https://doi.org/10.1038/srep19355
33. Meerajipour, M., Dehnavi, M.M., Dehdari, A., Farajee, H., & Meerajipour, M., (2013). Effect of drought stress on some physiological characteristics of four spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Yasouj. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *5*(2), 125-134. (In Persian with English Summary)
34. Meriles, J.M., Gil, S.V., Conforto, C., Figoni, G., Lovera, E., March, G.J., & Guzman, C.A., (2009). Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. *Soil and Tillage Research*, *103*(2), 271-281. https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.008
35. Moraditochaee, M., Bozorgi, H.R., & Halajisani, N., (2011). Effects of vermicompost application and nitrogen fertilizer rates on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena* L.) in Iran. *World Applied Sciences Journal*, *15*(2), 174-178.
36. Nada, S.S., Swain, K.C., Panda, S.C., Mohanty, A.K., & Alim, M.A., (1995). Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland condition of oriza. *Current Agriculture Research*, *8*, 45-47.
37. Naeem, U., ul Haq, I., Afzaal, M., Qazi, A., Yasar, A., Bari Tabinda, A., Mahfooz, Y., Naz, A.U., & Awan, H., (2021). Investigating the effect of *Aspergillus niger* inoculated press mud (biofertilizer) on the potential of enhancing maize (*Zea mays* L.) yield, potassium use efficiency, and potassium agronomic efficiency. *Cereal Research Communications*, 1-14.
38. Oktem, A., Oktem, A.G., & Emeklierc, H.Y., (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Soil Science and Plant Analysis*, *41*, 832-847. https://doi.org/10.1080/00103621003592358
39. Rahmani, A., Nasrolah Alhossini, M., Khavari Khorasani, S., & Khalili Torghabeh, A., (2013). Effects of planting pattern on morpho-phiysiological characteristics and yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties (*Zea mays* L. var. saccarata). *Journal of Crop Ecophysiology*, *6*(24(4)), 377-388. (In Persian with English Summary)
40. Razzaghi, F., & Sepaskhah, A.R., (2012). Calibration and validation of four common ET0 estimation equations by lysimeter data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *58*(3), 303-319. https://doi.org/10.1080/03650340.2010.518957
41. Romero-Perdomo, F., Abril, J., Camelo, M., Moreno-Galván, A., Pastrana, I., Rojas-Tapias, D., & Bonilla, R., (2017). *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, *49*, 377-383.
42. Sadeghi, H., & Bahrani, J., (1998). The effects of plant density and nitrogen values on the corn yield and yield components. *Iranian Journal of Agronomy Science*, *3*(2), 1-11. (In Persian with English Summary)
43. Sadeghi, H., & Bahrani, M.J., (2002). Effects of plant density and nitrogen rates on morphological characteristics and kernel protein contents of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agriculture Science*, *3*(2), 403-412. (In Persian with English Summary)
44. Singh, Y.P., Dwivedi, R., & Dwivedi, S.V., (2008). Effect of bio-fertilizer and graded dose of nitrogen on growth and flower yield of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Plant Archives*, *8*(2), 957-958.
45. Soltani, A., Waismoradi, A., Heidari, M., & Rahmati, H., (2013). Effect of water deficit stress and nitrogen on yield and compatibility metabolites on two medium maturity corn cultivars. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *5*(7), 737-740.
46. Sturz, A.V., & Christie, B.R., (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, *72*(2), 107-123. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00082-5
47. Tajik Khaveh, M., Allahdadi, I., & Ebrahimi Hoseinzadeh, B., (2015). Effect of slow-release nitrogen fertilizer on morphologic traits of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, *6*(2), 546-559.
48. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., & Polasky, S., (2002). Agricultural sustainability and

intensive production practices. *Nature*, *418*, 671-677.

49. Wang, Q.K., Wang, S.L., & Liu, Y.X., (2008). Responses to N and P fertilization in a young *Eucalyptus dunnii* plantation: Microbial properties, enzyme activities, and dissolved organic matter. *Applied Soil Ecology*, *40*, 484-490. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.07.003
50. Zafarian, F., (2002). Investigation of plant density, planting arrangement and nitrogen rates on the quality and quantity of characters and yield in the single cross 704. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiate Modarres University. (In Persian with English Summary)